

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

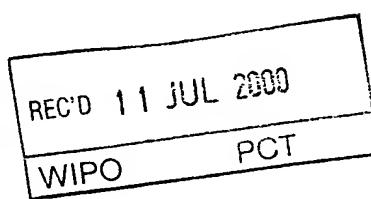
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

JZ

DE 00/00175

EJU

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 29 673.1

[Signature]

Anmeldetag: 28. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Einrichtung zur Detektion von
Polarisationsmodendispersion

IPC: H 04 L und H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 27. Juni 2000
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

[Signature]

Hoß

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Beschreibung

Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion

- 5 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion eines optischen Datensignals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

In der optischen Übertragungstechnik werden lange Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken eingesetzt. Die Lichtwellenleiter sind herstellungsbedingt nicht vollständig isotrop, sondern schwach doppelbrechend. Wegen der langen Übertragungsstrecke ergibt sich eine frequenzabhängige Polarisationstransformation - Polarisationsmodendispersion oder Polarisationsdispersion genannt, abgekürzt PMD. Diese führt durch Änderung der Polarisation des optischen Signals als Funktion der optischen Frequenz und - verbunden damit - unterschiedlichen frequenzabhängigen Laufzeiten zur Verbreiterung gesenderter Impulse, wodurch empfangsseitig deren Erkennbarkeit reduziert und dadurch die übertragene Datenrate begrenzt wird.

Als „principal states-of-polarization“, im folgenden PSP oder Hauptpolarisationen, werden diejenigen beiden zueinander orthogonalen Polarisationen genannt, die sich bei Änderung der optischen Frequenz in erster Näherung nicht ändern. In polarisierungserhaltenden Lichtwellenleitern fallen die Hauptpolarisationen mit den Hauptachsen zusammen, sind also horizontal und vertikal. Im allgemeinen sind die Hauptpolarisationen aber beliebige orthogonale Paare elliptischer Polarisationen. Die Hauptpolarisationen besitzen verschiedene Gruppenlaufzeiten, deren Differenz als „differential group delay“, im folgenden DGD oder differentielle Gruppenlaufzeit, bezeichnet wird. Wird ein optisches Signal mit einer Hauptpolarisation übertragen, so findet in Näherung erster Ordnung keine Impulsverbreiterung statt. Wird es mit einer Polarisation übertragen, die bei Aufteilung nach den beiden Hauptpolarisationen dort gleichen Leistungsanteilen entspricht, kommt es zu

In Proceedings OEC 94, 14e-12, Seiten 258 bis 259, Makuhari Messe, Japan 1994 wird ein anderes Verfahren verwendet, bei dem die Leistung des Differenzsignals zwischen Entscheiderausgang und Entscheidereingang ausgewertet wird. Insbesondere bei starken PMD-Verzerrungen, in denen die DGD die Bitdauer überschreitet, kann es aber zu falschen Entscheidungen kommen, so daß das gewonnene Signal in solchen Fällen ein ungeeignetes Kriterium für das Vorliegen von PMD-Verzerrungen ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen zuverlässigen Detektor auch für größere Werte der differentiellen Gruppenlaufzeit anzugeben, welcher auf einfache Weise integriert werden kann und anders als Bandpaßfilter keinen intrinsischen Verzerrungen durch Gruppenlaufzeitverzerrungen unterworfen ist.

Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion gemäß Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß werden Exklusiv-Oder-Gatter (EXOR) oder Multiplizierer eingesetzt, mit deren Hilfe wesentliche Teile der Autokorrelationsfunktion des im elektrischen Teil eines optischen Empfängers vorliegenden Basisbandsignals bestimmt werden. Der besondere Vorteil der Erfindung liegt darin, daß EXOR-Gatter einfach monolithisch integriert werden können.

Mit EXOR-Gattern, welche durch Laufzeitleitungen getrennt sind, ergeben sich die Autokorrelationsfunktionswerte bei unterschiedlichen Zeitverzögerungen.

In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel werden zwei in entgegengesetzter Richtung zu durchlaufende Laufzeitleitungen

Statt EXOR-Gattern eignen sich auch alle beliebigen anderen Multipliziererschaltungen. Besonders als EXOR-Gatter/Multiplizierer geeignet sind Gilbert-Multiplizier. Eine geeignete Schaltung, hier mit Feldeffekttransistoren, ist 5 beispielsweise in Electronics Letters, 15. August 1991, Band 27, No. 17, Seiten 1529 bis 1532 dargestellt, und zwar in der dortigen Fig. 3.

Die Anzapfungen sind auf einer der Leitungen (LZ1) nach steigendem, auf der anderen Leitung (LZ2) nach fallendem Index j geordnet. Dies führt dazu, daß die Laufzeitdifferenz zwischen den Signalen an den Eingängen eines EXOR-Gatters EXj sich mit steigendem Index j monoton ändert. Sind die Leitungslängen zwischen allen benachbarten Anzapfungen jeweils einer Leitung 15 gleich groß, so ergeben sich äquidistante, sich gemäß Index j monoton ändernde Laufzeitdifferenzen. An die Ausgänge der EXOR-Gatter EXj sind jeweils Tiefpaßfilter LPj ($j = 1 \dots n$) angeschlossen. Statt Tiefpaßfiltern eignen sich auch andere zur Mittelwertbildung verwendbare Schaltungen wie z.B. Integratoren, welche über eine definierte Zeitdauer integrieren. 20 Solche werden auch als „Integrate-and-Dump“-Schaltungen bezeichnet. Die Ausgangssignale der Tiefpaßfilter geben die bei verschiedenen Laufzeitdifferenzen gemessenen Werte der Autokorrelationsfunktion des elektrischen Signals BB an.

Um die Verluste an den Anzapfungen A1j, A2j auszugleichen, Mehrfachreflexionen auf den Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 zu unterdrücken und eine größere Signallaufzeit bei gegebenen Ausmaßen zu erzielen, können in die Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 30 Pufferverstärker V1j, V2j ($j = 1 \dots n$) eingefügt werden. Sie sind jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Da symmetrische Schaltungstechnik mit differentiellen Eingängen und Gegentakt-Ausgängen zahlreiche Vorteile bietet, ist 35 es günstig, diese auch hier anzuwenden. Beispielsweise können Verstärker V, Leistungsteiler LTE, Laufzeitleitungen LZ1, LZ2, Pufferverstärker V1k, V2k, Anzapfungen A1j, A2j, Ab-

tisch und besitzen den Wert DT1. Zwischen jeweils benachbarten Anzapfungspunkten A2(k+1) und A2k ($k = 1 \dots n-1$) seien die Signallaufzeiten identisch und besitzen den Wert DT2. Da die Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 im Bereich der EXOR-Gatter in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden, ergibt sich an den Ausgängen der übrigen Tiefpaßfilter LP2 ... LPn jeweils der Wert AKF2, AKF3, ... AKFn der Autokorrelationsfunktion des Basisbandsignals BB bei Verzögerungen DT, 2*DT, ..., $(n-1)*DT$, wobei gilt $DT = DT1+DT2$. Zur Minimierung der Chipfläche ist es vorteilhaft, $DT1 = DT2$ zu wählen. Es ist weiterhin günstig, DT gleich einer oder kürzer als eine Symboldauer T des Basisbandsignals BB zu wählen. Im Fall der meist verwendeten Binärsignale ist eine Symboldauer T gleich einer Bitdauer. Da die Autokorrelationsfunktion eines reellen Signals gerade Symmetrie besitzt, kann auf die Messung von Werten der Autokorrelationsfunktion mit entgegengesetzten Verzögerungen verzichtet werden. Die maximale Verzögerung $(n-1)*DT$ sollte nach Möglichkeit wenigstens ebenso groß wie die Summe von einer durch PMD verursachten differentiellen Gruppenlaufzeit der optischen Übertragungsstrecke und der vom PMD-Kompensator PMDC erzeugten differentiellen Gruppenlaufzeit sein.

Die Ausgänge der Tiefpaßfilter LPj sind einem Regler R zugeführt. Hier liegt also eine durch Werte AKF1 ... AKFn abgetastete Autokorrelationsfunktion AKF vor. Wenn PMD vorliegt und nicht entzerrt ist, ist der Wert AKF1 oft geringer als der maximal mögliche Wert und die Werte AKF2 ... AKFn sind auch dann, wenn sie Verzögerungen DT ... $(n-1)*DT$ größer als einer Symboldauer T des Basisbandsignals entsprechen, von Null verschieden. Eine solche, schlechte Autokorrelationsfunktion AKFBAD zeigt **Figur 2**. Gezeigt ist nur eine Hälfte der Autokorrelationsfunktion, da diese ja symmetrisch ist, so daß sich Messung der anderen Hälfte erübrigts.

35

Der Regler R regelt die Steuersignale SPMDC des PMD-Kompensators PMDC so ein, daß die Autokorrelationsfunktion

Zeitverzögerung DT1 seien in Figur 3 ebenso wie in Figur 1 definiert. Zwischen jeweils benachbarten Anzapfungspunkten A2k und A2(k+1) ($k = 1 \dots n-1$) der Figur 3 seien die Signallaufzeiten identisch und besitzen den Wert DT3. Die Laufzeitdifferenzen zwischen den Eingängen aufeinanderfolgender Korrelatoren sind daher 0, DT, 2*DT ... (n-1)*DT, wobei DT hier den Wert $DT = DT1 - DT3$ besitzt. Um unterschiedliche DT1, DT3 zu erzielen, sind Umwegleitungen Um ($m = 2 \dots n$) vorgesehen.

Statt angezapfter Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 können auch mehrere unterschiedlich lange Laufzeitleitungen LZ1j, LZ2j ($j = 1 \dots n$) verwendet werden. Dazu muß der Leistungsteiler LTE entsprechend viele Ausgänge aufweisen. Ein geeignetes Ausführungsbeispiel mit $n=4$ ist in **Figur 4** skizziert. Die Laufzeitleitungen LZ1j, LZ2j enden in denjenigen Punkten A1j, A2j, welche mit den EXOR-Gatter-Eingängen verbunden sind und in Figuren 1 und 2 die Anzapfungspunkte waren. Die Laufzeitdifferenzen zwischen den Punktpaaren (A11, A21), (A12, A22), (A13, A23), (A14, A24) sind 0, DT, 2*DT bzw. 3*DT mit $DT = DT1 + DT2$.

In **Figur 5** ist ein Teil eines Ausführungsbeispiel mit nur einer Laufzeitleitung LZ1 gezeichnet. Die Punkte A1j, welche mit jeweils einem EXOR-Gatter-Eingang verbunden sind, sind entlang der Laufzeitleitung LZ1 aufgereiht. Die Punkte A2j, welche mit jeweils dem anderen EXOR-Gatter-Eingang verbunden sind, fallen alle zusammen und sind mit dem Punkt A11 identisch. Auf diese Weise werden Laufzeitdifferenzen 0, DT, 2*DT ... (n-1)*DT zwischen den EXOR-Gatter-Eingängen erzielt.

Um eine optimal niedrige Bitfehlerquote zu erreichen, ist es zweckmäßig, ein Maß dieser Bitfehlerquote dem Regler R zugänglich zu machen. Dies ist auf einfache Weise möglich, wenn ein elektrischer Regenerator REG vorgesehen ist. Auch in Fällen, in denen Leistungsteiler LT und optischer Ausgang OUT des entzerrten optischen Signals vorhanden sind, kann es deshalb zweckmäßig sein, Regenerator REG vorzusehen. In **Figur 6**

vornimmt, adaptiv zu modifizieren. Beispielsweise könnte ein leicht negativer Wert AKF3 günstiger sein als der Wert Null. Diese adaptive Betriebsform erscheint besonders günstig, um Exemplarstreuungen, Temperaturschwankungen, Auftreten nicht linearer Effekte usw. tolerierbar zu machen. Der große Vorteil dieser Ausführungsformen besteht darin, daß durch die gemessenen Werte der Autokorrelationsfunktion bereits eine rasche PMD-Kompensation möglich ist und für die Feineinstellung und die Einstellung der Übertragungsfunktion des Filters ausreichend Zeit zur Verfügung steht.

Insbesondere in Fällen, in denen es auf ein schnelles Einstellen des PMD-Kompensators PMDC nicht ankommt, ist aber auch die Verwendung nur eines Fehlersignals FS möglich. Dabei können elektrischer Leistungsteiler LTE und Autokorrelationseinheit AKE und Tiefpaßfilter LPj entfallen.

(EXj) eine Zuordnung aufweisen, in gleicher Richtung durchlaufen werden, so daß sich die zwischen benachbarten Multipizierern (EXk und EX-(k+1); k = 1 ... n-1) auftretenden Verzögerungen "(DT1, DT3) sich zu einer Verzögerungsdifferenz (DT = DT1 - DT3) zwischen diesen Multipizierern subtrahieren.

5 5. Einrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere unterschiedlich lange Laufzeitleitungen (LZ1j,
10 LZ2j; j = 1 ... n) vorgesehen sind, an deren Enden (A1j, A2j;
j = 1 ... n) die Eingänge von Multiplizierern (EXj) ange-
schlossen sind.

15 6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Umwegleitung (Um; m = 2 ... n) oder ein Pufferver-
stärker (V1j, V2j; j = 1 ... n) in einer Laufzeitleitung
(LZ1, LZ2, LZ1j, LZ2j; j = 1 ... n) vorgesehen ist.

20 7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß auftretende Verzögerungen (0, DT, 2*DT, ... (n-1)*DT)
äquidistant sind mit konstanter Verzögerungsdifferenz (DT).

25 8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Verzögerungsdifferenz (DT) wenigstens näherungsweise
gleich einer Symboldauer (T) des Basisbandsignals (BB) ist.

30 9. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Regler (R) zur Steuerung eines PMD-Kompensators
(PMDC) vorgesehen ist.

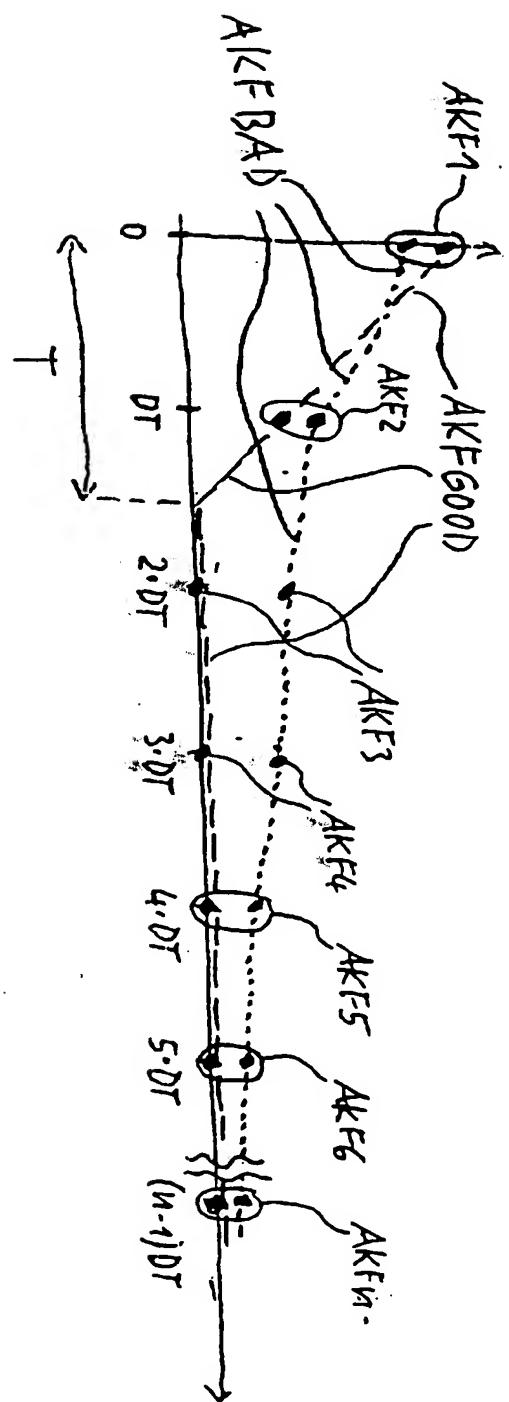
Zusammenfassung

Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion

- 5 Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion eines optischen Datensignals (OS), die mindestens ein EXOR-Gatter (EX j ; $j = 1 \dots n$) samt Mittelungseinrichtung (LP j ; $j = 1 \dots n$) zur Messung mindestens eines Werts (AKF j ; $j = 1 \dots n$) der Autokorrelationsfunktion eines durch Polarisationmodendispersion verzerrten Basisbandsignals (BB) aufweist.
- 10

Figur 1

FIG. 2



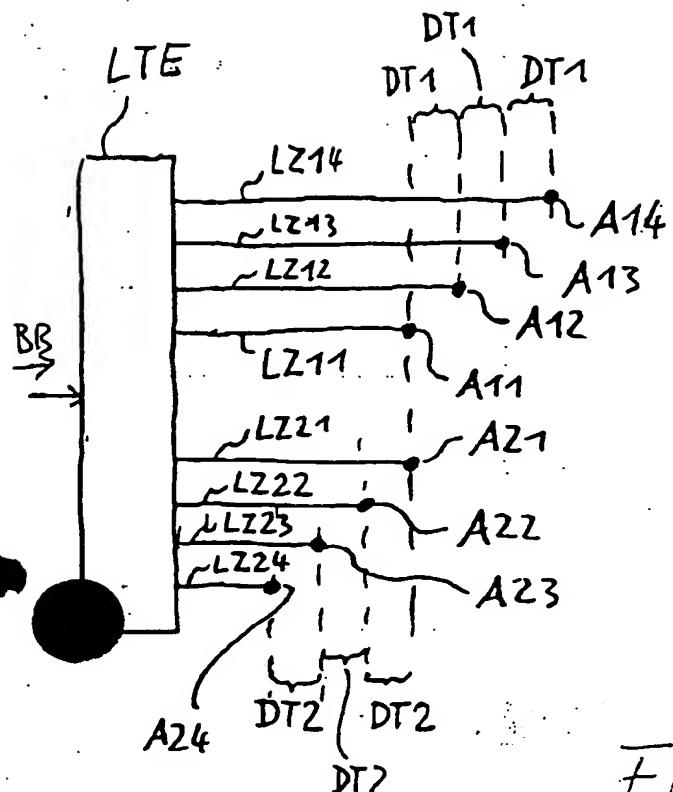


FIG. 4

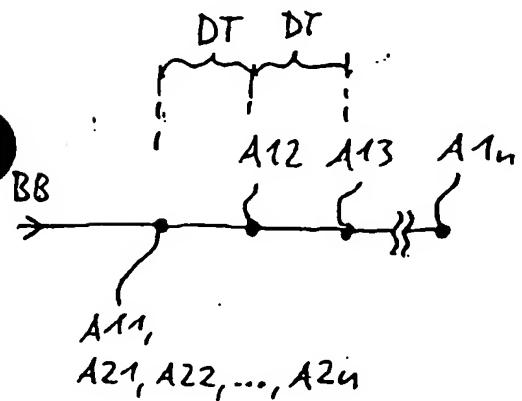


FIG. 5

This Page Blank (uspto)